

H15/B02 ナノスケール磁性体の機能に関する研究(共同プロジェクト研究の理念と概要, 共同プロジェクト研究)

雑誌名	東北大学電気通信研究所研究活動報告
巻	10
ページ	181-184
発行年	2004-08
URL	http://hdl.handle.net/10097/30476

課題番号 H15/B02

ナノスケール磁性体の機能に関する研究

[1] 組織

代表者：荒井 賢一

(東北大学電気通信研究所)

責任者：井上 光輝

(豊橋技術科学大学電気・電子工学系)

分担者：

山口 正洋 (東北大学)
 岩田 聡 (名古屋大学工学部)
 石山 和志 (東北大学電気通信研究所)
 藤井 壽崇 (愛知工科大学工学部)
 島田 寛 (東北大学多元物質研究所)
 鈴木 孝雄 (豊田工業大学大学院)
 北上 修 (東北大学多元物質研究所)
 森迫 昭光 (信州大学工学部)
 岡本 聡 (東北大学多元物質研究所)
 本多 茂男 (島根大学工学部)
 武野 幸雄 (東北大学多元物質研究所)
 山崎 二郎 (九州工業大学工学部)
 高梨 弘毅 (東北大学金属材料研究所)
 竹澤 昌晃 (九州工業大学工学部)
 三谷 誠司 (東北大学金属材料研究所)
 加島 篤 (北九州高専電気工学科)
 石井 清 (宇都宮大学工学部)
 八木 正明 (崇城大学エネルギーエレクトロニクス研究所)
 山口 一弘 (茨城高専電子情報工学科)
 福永 博俊 (長崎大学工学部)
 田中 雅明 (東京大学大学院)
 中野 正基 (長崎大学工学部)
 阿部 正紀 (東京工業大学工学部)
 山城 康正 (琉球大学工学部)
 北本 仁孝 (東京工業大学工学部)
 伊崎 昌伸 (大阪市立工業研究所)
 佐藤 勝昭 (東京農工大学工学部)
 梅澤 浩光 (FDK(株)基礎研究部)
 竹村 泰司 (横浜国立大学工学部)

研究費：校費 50,000円 旅費 1,077,760円

[2] 研究経過

グラニューラー磁性薄膜や磁性フォトリソグラフィ

あるいは磁性ドットなどのように、ナノ構造を導入した磁性体は連続体構造磁性体では発現しない新たな磁気的性質を示すことから、新しい機能性磁気デバイスを実現する構成媒体として高い魅力を備えている。例えばグラニューラー磁性薄膜では、軟磁性・高抵抗・高磁気異方性の共存、大きなトンネル磁気抵抗効果、量子サイズ効果、磁気光学効果の増大、あるいは保磁力の増大現象などが報告されている。また磁性フォトリソグラフィ結晶では極めて大きな磁気光学効果やフォトリソグラフィバンドギャップ形成に伴う新規の磁気光学効果などが報告されている。しかしこれらナノ構造磁性体のユニークな磁気特性発現機構の解明は未だ十分に行われておらず、高性能なナノ構造磁性体を得る条件は未だ混沌とした状態にある。またこのようなナノスケール磁性体を形成する手法として、従来の微細加工技術や自己組織化的形成技術が用いられているが、スループットが高くかつ精度のよい形成手法確立も重要な問題として残されている。

本プロジェクト研究会では、ナノ構造磁性体が発現するユニークな磁気特性の起源解明を目的として、磁気デバイスキャリアとして重要なナノ構造磁性体の電気伝導特性や光伝搬特性、さらにはダイナミックな磁気現象を、電子スピンに立脚した磁性物理的立場から総合的に探求することを目的とする。また併せて、数nmから数百nmスケールの規則(不規則)構造を有するナノ構造磁性体を精度よく形成する手法の確立を目指す。

本年度は、電気学会マグネティックス技術委員会「ナノスケール磁性構造体」調査専門委員会との連携により当該プロジェクトを推進した。表1に、本プロジェクト研究会と電気学会マグネティックス研究会との共同で開催した研究会(2004.1)の発表論文リストを示す。同研究会では、ナノ構造磁性体の形成と、高周波機能、スピン依存電子伝導、光機能、磁気MEMSに加えて、ホログラムを用いる光記録とナノ構造磁性体との関係について詳細な技術討議を行った。

表1 電気学会マグネティックス研究会と共同で開催した研究会での発表論文

題 目	著 者
Zn _{0.4} Fe _{2.6} O ₄ 薄膜を用いた強磁性トンネル接合の磁気抵抗効果	西村和正(東北大), 手束展規(東北大・CREST-JST) 杉本 諭(東北大), 猪俣浩一郎(東北大・CREST-JST)
極薄Ru層を用いたスピンバルブ素子のCPP-GMR特性	阿部 慎也(東北大), Jiang Yong (CREST-JST), 手束展規, 猪俣浩一郎(東北大・CREST-JST)
CPP-GMR効果の膜厚依存性	小林俊和, 江坂智徳, 神保睦子(大同工大)
Co/Siにおける新しい機構による磁気抵抗効果	本多茂男, 村井康仁, 石川知之, 高井健介, 御手洗夕子, 原田曠嗣, 縄手雅彦(島根大)
β -FeSi ₂ の30Tに至る強磁界中の室温巨大磁気抵抗効果	山田興治, 三宅 潔(埼玉大)
電歪/磁歪複合振動子による磁場センサの開発	吉澤伸幸(育英高専), 島田 寛(東北大), 早坂淳一, 岡本幸一, 池田義秋(NECトーキン)
共蒸着による(Ni-Fe)-(B-O)グラニューラー薄膜の電磁ノイズ吸収特性	伊藤哲夫(NECトーキン), 島田 寛(東北大), 小野裕司, 吉田栄吉(NECトーキン)
2次元磁性フォトニック結晶の作製	池澤義文, 都築 敦, 西村一寛, 内田裕久(豊橋技科大), 井上光輝(豊橋技科大・CREST-JST)
Three-dimensional MPCs: fabrication and investigation	A. Baryshev, T. Kodama, K. Nishimura, H. Uchida (Toyohashi Univ. of Tech.), M. Inoue (Toyohashi Univ. of Tech.・CREST-JST)
AFM陽極酸化によるナノスケール磁性構造体の作製	妹尾智之, 岡田達朗, 金 周映, 西村一寛, 内田裕久(豊橋技科大), 井上光輝(豊橋技科大・CREST-JST)
STEMによる楕円体ナノドットにおけるvortexの磁化スピンの観察と定量的考察	劉 小晰, 松本光功, 森迫昭光(信州大), John N. Chapman, Stephen McVitie, Chris D. W. Wilkinson (Univ. of Glasgow)
薄膜磁石を用いたスパイラル型磁気マイクロマシンの泳動特性	山崎 彩, 仙道雅彦, 石山和志, 荒井賢一(東北大)
ホログラフィックストレージ	中西 淳, P. B. Lim, 西村一寛, 内田裕久(豊橋技科大), 井上光輝(豊橋技科大・CREST-JST)

[3] 成果

(3-1) 研究成果

本年度は、昨年度から引き続き、ナノスケール磁性体の機能の観点から共同プロジェクト研究を実施した。具体的には、絶縁体マトリックス中に属磁性超微粒子が分散したグラニューラー構造磁性体や、透光性磁性体を用いた磁性フォトニック結晶、あるいは金属多層膜や磁性半導体、磁性超微粒子である。

(3-2) 波及効果と発展性

ナノスケール磁性体に関する研究は、既に応用のステージに入っている研究領域もある。例えば、磁気記録におけるパターンドメディアや、磁性フォトニック結晶を用いた空間光変調デバイスなどがある。

最近では、GHzオーダに達する高周波領域で抵抗率が高く軟磁気特性を有する磁性薄膜や、ブルーの光領域で動作する磁気光学体などが求められるようになっている。ナノスケールで構造を導入することで、これらの要求を満たす新しい機能性磁性材料開発が期待されている。この観点から、次年度以降では、ナノスケールで構造を導入した磁性機能性材料の超高周波領域あるいは光領域における機能に焦点を絞って、情報通信分野への応用を念頭に置きながら研究会を推進する予定である。

[4] 成果資料

- (1) T. Yoshida, K. Nishimura, H. Uchida and M. Inoue, "One-dimensional magnetophotonic crystals with granular magnetic films," J. Appl. Phys., vol.93, No.10 (2003) 6942.
- (2) A. A. Fedyanin, T. Yoshida, K. Nishimura, G. Marowsky, M. Inoue and O. Aktsipetrov, "Nonlinear magneto-optical Kerr effect in gyrotropic photonic band gap structures: magnetophotonic microcavities," J. Magn. Mag. Mat., vol.258-259 (2003) 96.
- (3) J. H. Park, H. Takagi, K. Nishimura, H. Uchida and M. Inoue, "Magnetic softening of switching field of magnetic garnet films by controlling groove depth," J. Appl. Phys., vol.93, No.10 (2003) 8522.
- (4) J. H. Park, H. Takagi, K. Nishimura, H. Uchida, M. Inoue, H. H. Park and J. K. Cho, "magneto-optic spatial light modulators driven by an electric field," J. Appl. Phys., vol.93, No.10 (2003) 8525.

- (5) H. Kato, T. Matsushita, A. Takayama, M. Egawa, K. Nishimura and M. Inoue, "Theoretical analysis of optical and magneto-optical properties of one-dimensional magnetophotonic crystals," *J. Appl. Phys.*, vol.93, No.10 (2003) 3906.
- (6) F. Takano, H. Akinaga, T. Tokizaki, S. Kuroda and K. Takita, "Spatial diffusion of excitons in n-type modulation-doped (Cd,Mn)Te/(Cd,Mg)Te single quantum wells under magnetic field," *Appl. Phys. Lett.*, vol.83, No.14 (2003) 2853.
- (7) 杉本 諭, 明渡 純, "エアロゾル・デポジション法による永久磁石の薄型化", 日本応用磁気学会研究会資料, vol.132 (2003) 1.
- (8) 明渡 純, "エアロゾルデポジション法による電子デバイスの低温形成技術," *セラミクス*, vol.38, No.5 (2003) 363.
- (9) 槇 智仁, 杉本 諭, 籠谷 登志夫, 猪俣 浩一郎, 明渡 純, "エアロゾル・デポジション法により作製されたSm-Fe-N系厚膜磁石の組織と磁気特性," 電気学会マグネティックス研究会資料, MAG-03-171, (2003).
- (10) S. Sugimoto, T. Maeda, R. Kobayashi, J. Akedo, M. Lebedev and K. Inomata, "Magnetic Properties of Sm-Fe-N Thick Film Magnets Prepared by the Aerosol Deposition Method," *IEEE Trans. Magn.*, vol.39, No.5 (2003) 2986.
- (11) K. Ishii, Y. Saito, and T. Hirata, "Preparation of Nanocrystalline Fe Films by Low Energy Cluster Deposition Using a Sputter Cluster Source," *Trans. Mater. Res. Soc. Jpn.*, vol.28 (2003) 1177.
- (12) 石井 清, 斉藤 雄樹, 渡邊 征一, "Fe/Agグラニューラ磁性体のスーパーフェロ的振舞いと軟磁性," 電気学会マグネティックス研究会資料, MAG-03-135 (2003).
- (13) K. Inomata, N. Koike, T. Nozaki, S. Abe and N. Tezuka, "Size-independent spin switching field using synthetic antiferromagnetis," *Appl. Phys. Lett.*, vol.82, No.16 (2003) 2667.
- (14) K. Inomata, S. Okamura, R. Goto and N. Tezuka, "Large Tunneling Magnetoresistance at Room Temperature Using a Heusler Alloy with the B2 Structure," *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol.42 (2003) L419.
- (15) 高津 康司, 加藤 剛志, 岩田 聡, 綱島 滋, "CoFeB磁性層を用いたスピントネル素子の磁気抵抗特性," 電気学会マグネティックス研究会資料, MAG-03-134 (2003).
- (16) 佐藤 勝昭, 清水 伸一郎, 手塚 智之, 石橋 隆幸, 森下 義隆, 瀬瀬明伯, "ダマシン法によるナノ磁性体埋め込み構造の作製と非線形磁気光学効果," 電気学会マグネティックス研究会資料, MAG-03-131 (2003).
- (17) Y. Fujiwara, T. Hirose, M. Jimbo, T. Kobayashi and M. Masuda, "Magnetoresistance effect of Co/AlOx/NiFe/Au/n-Si diode structure," *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol.42 (2003) L1009.
- (18) T. Seki, T. Shima, K. Tkanashi, Y. Takanashi, E. Matsubara, and K. Hono, "L10 ordering of off-stoichiometric FePt (001) thin films at reduced temperature," *Appl. Phys. Lett.*, vol.82 (2003) 2461.
- (19) S. Mitani, T. Moriyama and K. Tanakashi, "Fe/MgO/FeCo(100) epitaxial magnetic tunnel junctions prepared by suing in situ plasma oxidation," *J. Appl. Phys.*, vol.93, No.10 (2003) 8041.
- (20) Y. Takemura, S. Kidaka, K. Watanabe, Y. Nasu, T. Yamada and J. I. Shirakashi, "Applied voltage dependence of nano-oxidation of ferromagnetic thin films using atomic force microscope," *J. Appl. Phys.*, vol.93, (2003) 7346.
- (21) N. Fujita, S. Maeda, S. Yoshida, M. Takase, M. Nakano, and H. Fukunaga, "Preparation of Co-Pt alloy film magnets by electrodeposition," *J. Magn. Magn. Mat.*, in press (2004).
- (22) S. Honda and Y. Nagata, "Magnetic and transport properties of alternately deposited Co-Bi films," *J. Appl. Phys.*, vol.93 (2003) 5538.
- (23) S. Honda, T. Shimizu, T. Une, M. Sakamoto, K. Kawabata and T. Tanaka, "X-ray photoelectron spectroscopy and magnetic properties in Fe-SiO₂ granular films," *J. Appl. Phys.*, vol.93 (2003) 4279.
- (24) 高村 幸良, 松本 光功, 森迫 昭光, 片山 信宏, "高密度磁気記録媒体用NdFeB/W薄膜のB組成依存性," 日本応用磁気学会誌, vol.27 (2003) 200.
- (25) 武井 重人, 森迫 昭光, 松本 光功, "結晶化Sm-Co層の磁気特性に及ぼすCr下地層の影響," 日本応用磁気学会誌, vol.27 (2003) 328.
- (26) X. Liu, M. Matsumoto, A. Morisako, J. Chapman, S. McVitie, and C. D. W. Wilkinson, "Quantitative analysis of magnetic vortex in nano elliptical elements by scanning transmission electron microscopy," 電気学会マグネティックス研究会資料, MAG-04-12 (2004).
- (27) 竹澤 昌晃, 森 智礼, 山崎 二郎, "微細磁性体の磁区観察による磁化反転機構の検討," 日本応用

磁気学会誌, vol.28 (2004) 384.

- (28) M. Takezawa, J. Yamasaki, T. Honda and C. Kaido, "Domain structure of chemically thinned non-oriented electrical sheet," J. Magn. Magn. Mat., vol.254 (2003) 167.